

# 通地-1 井绳索取心钻探施工技术

马秀春

(黑龙江省第一地质勘查院, 黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要:**近年来,小口径岩心钻探技术在油气勘探中得到了广泛应用,施工中经常遇到钻孔超径孔内事故多发、孔斜超差孔底位移较大、冲洗液性能不稳定等问题。利用小口径绳索取心钻探技术施工通地-1 井油田地质调查孔,通过优化钻进参数、合理确定钻孔结构、采取有效防止孔斜措施等技术手段,顺利完成钻孔施工任务,钻孔各项指标均达到了地质设计要求。

**关键词:**绳索取心钻进;地质调查孔;油气勘探;冲洗液;钻机;防止孔斜

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)10-0040-05

## Application of wire-line coring technology in Well Tongdi - 1

MA Xiuchun

(Heilongjiang First Geological Exploration Institute, Mudanjiang Heilongjiang 157000, China)

**Abstract:** In recent years, the small-diameter coring technology has been widely used in oil and gas exploration. Incidents often happen in the hole during drilling, such as frequent wellbore overcut, large displacement due to high deviation at the bottom of the hole, unstable drilling fluid performance. The small-diameter coring technique was used to drill the geological survey hole of Well Tongdi - 1 for oil and gas, and it was successfully completed with all drilling indicators meeting the geological design requirements through optimizing drilling parameters, properly determining the drilling structure, and adopting effective measures to prevent hole deviation.

**Key words:** wire-line coring; geological survey hole; oil and gas exploration; drilling fluid; drilling rig; deviation prevention

## 0 引言

油气勘探孔采用小口径绳索取心钻探施工,近几年在我国逐渐增多。为了保护环境、降低施工成本,逐渐实现绿色勘查,采用小型化、轻便化岩心钻机进行钻探施工。尤其是油气勘探孔,以往采用大口径、大型钻机进行钻探施工,占地面积大、施工成本高。采用小口径钻探施工,可先钻探勘察,后钻探成井,显然有科学性和经济性<sup>[1-6]</sup>。本文通过通地-1 井钻探施工实践过程,介绍了油气田勘探采用小口径深孔钻探施工的情况,供从事油气钻探施工的同行人参考。

## 1 工程概况

### 1.1 矿区交通位置

通地-1 井位于吉林省通化盆地内的通化县英额布镇大倒木村西 1200 m。通化盆地呈底边平行于柳河地堑的倒置的梯形,两者以太古代地垒相隔,最近距离约 20 km。它北起三源浦,南至通化县大泉源乡,西至汪清门,东抵通化市。面积约 1500 km<sup>2</sup>,区内交通有梅(河口)一集(安)铁路纵贯南北,国道 G201 和高速 G11 公路贯穿全境。

### 1.2 地层概况

矿区地貌呈盆状,内有喇蛄河及二密河等浑江支流交织成网,基底岩性为前中生界各类古老变质岩,海相沉积岩以及同时期的花岗岩,基底最大埋深 8000 m,属断陷型盆地。钻遇地层如下:

三颗榆树组底部:为流纹质、石英粗面质熔结凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质粉砂质、砾岩、砂岩、粉砂岩、

收稿日期:2019-07-15; 修回日期:2019-08-30 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.10.007

作者简介:马秀春,男,汉族,1966 年生,院长,高级工程师,探矿工程专业,从事钻探技术相关研究工作,黑龙江省牡丹江市爱民区向阳街 25 号,maxch@sina.com。

引用格式:马秀春.通地-1 井绳索取心钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(10):40-44,52.

MA Xiuchun. Application of wire-line coring technology in Well Tongdi - 1[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(10):40-44,52.

隐晶状安山岩;

亨通山组:熔结凝灰岩、凝灰岩、沉凝灰岩、黑色泥岩、油页岩、含砾粗砂岩、细砂岩夹粉砂岩;

下桦皮甸子组:黑色页岩夹砂岩、沉凝灰岩、黑色泥岩、油页岩、深灰色细砂岩、粉砂岩;

林子头组:火山集块岩、火山角砾岩、凝灰质页岩、致密安山岩、黄绿色砂岩夹粉砂岩;

鹰嘴砬子组:粗砾岩、凝灰质砂岩、沉凝灰岩、泥岩、砾岩、砂岩夹粉砂岩、黑色泥岩、页岩、粉砂岩;

果松组上部地层:凝灰岩、致密安山岩。

主要目的层位为亨通山组—鹰嘴砬子组。

岩石可钻性级别为 4~8 级,岩石平均可钻性级别为 5 级左右。地层较为稳定。

## 2 施工要求

### 2.1 工作量

(1)实施油气调查孔,设计深度 1500 m,终孔直径 $\geq 75$  mm。

(2)全孔取心。

(3)钻孔施工过程中,取全、取准各项原始资料及数据,填写好各种原始记录。

(4)全孔地质编录、测井、荧光录井、气测录井。

(5)钻前青苗补偿、井场平整、道路修理和钻后井场修复、岩心搬运。

(6)开展钻孔的单孔评价工作。

### 2.2 技术和质量要求

#### 2.2.1 钻探要求<sup>[7-10]</sup>

钻探工程施工质量参考《地质岩心钻探规程(DZ/T 0227-2014)》中的六项质量指标确定,严格按照具体指标要求执行。

(1)钻前开始孔位验证,钻孔类型为直孔,进尺为 1500 m,孔斜 $< 5^\circ$ ,终孔直径 $\geq 75$  mm,确保测井工作可以正常进行。

(2)要求钻孔平均岩心采取率 $\geq 80\%$ 。矿化带重要标志层、围岩接触带 3~5 m 范围内岩心采取率 $\geq 85\%$ 。

(3)将取出的岩矿心清洗干净后依次自上而下的安全装箱,岩心箱按编号摆放,严禁颠倒或任意拉长岩心。

(4)方位角偏差不得超过勘探网 1/3~1/4。

(5)每钻进 50 m 测一次顶角和方位。终孔测斜地质编录员应在现场监测。

(6)每班至少测量孔内水位 1~2 次,每次观测应在提钻后、下钻前各测量 1 次,间隔时间 $> 5$  min。

(7)钻进时遇有涌水、漏水、溶洞等现象应及时记录孔深。

(8)以 100 m 为单位在进出矿层、终孔后要进行孔深测量,误差 $> 1\%$ 时必须修正。校正时,相应人员应在现场监测。

(9)班报表要在现场真实、准确、齐全的填写,负责人要亲笔签字,终孔后装订留存。

(10)钻孔封孔要用 325 号以上未过期的水泥、水灰比要符合设计要求。

(11)孔口立水泥标桩,并保证其质量。

#### 2.2.2 原始资料要求

提交钻孔工程施工设计和钻孔工程地质报告,涉及项目各项工作所取得的全部原始资料(包括钻孔施工组织设计、原始班报、简易水文观测、泥浆录井记录、氯离子滴定记录、迟到时间记录、钻具丈量记录、岩屑鉴定记录、岩心鉴定本、取样送样记录、钻孔竣工验收表、套管数据表、测井曲线等)及项目实施过程中的各类文件等资料。

#### 2.2.3 提交成果要求

安全顺利完成钻探工程,获得目标层段泥页岩岩心和含气量等参数。

包括:按设计取得相应的全套的岩心实物资料。提交单孔地质综合评价报告、钻孔终孔报告、钻孔综合柱状图、测井报告、测井曲线等。

## 3 钻探设备、工艺选择及钻孔结构确定

### 3.1 钻探设备的配备

本次钻探施工的钻探设备配置情况见表 1。

表 1 钻探设备及辅助设备一览表

Table 1 List of drilling equipment and auxiliary equipment

序号	名称	规格型号	数量	说明
1	钻机	XY-6B	1 台套	自带动力
2	钻塔	GB-18.5	1 套	直斜,塔衣
3	泥浆泵	BW300/12	1 套	自带动力
4	绳索取心绞车	2000 m	1 台	自带动力
5	泥浆搅拌罐	2 m <sup>3</sup>	2 个	自带动力
6	排污泵	30 t/h	3 个	
7	启动柜	60A,30A	2 个	钻机、水泵
8	供水泵	BW250/50	1 台	自带动力

### 3.2 钻具及工艺的选择

根据物探提供的地层分布图和相邻地区以往钻

探施工资料,初步预测从上到下可能钻遇的地层,结合岩石的钻进特性和国内的工艺措施<sup>[11-14]</sup>,确定绳索取心与普通双管、普通单管钻进相结合的钻探施工方案。钻探工具配备见表2。

表2 钻具配备  
Table 2 Drilling tools

序号	名称	型号与规格	数量	说明
1	取心钻具	Ø146 mm	1.5、0.5 m	开孔用
2	绳索取心钻杆	Ø95 mm	800 m	配套设备
3	钻具总成	Ø95 mm	2套	
4	绳索取心钻杆	CHD75	1600 m	配套设备
5	钻具总成	CHD75	3套	
6	外丝钻杆	Ø60 mm	1600 m	配套设备
7	取心钻具	Ø73 mm	2套	

注:Ø60 mm 外丝钻杆普通单管钻进方法在绳索取心钻进效果较差的情况下启用。

### 3.3 钻孔结构的确定

根据地层情况,结合绳索取心钻进工艺要求,确定该钻孔采用4级成孔。

一开采用 Ø155.5 mm 钻头穿过第四系和强风化层,下入 Ø146 mm 套管 10~20 m(根据地层情况确定)。

二开采用 Ø125.5 mm 钻头,单管钻具穿过不稳定层。下入 Ø114 mm 套管,把套管坐落在凝灰岩、沉凝灰岩地层。该层套管的主要目的是隔离漏失层,长度 120~150 m(根据地层情况确定)。

三开采用 Ø95 mm 绳索取心钻具,穿过塑性泥岩、页岩地层,下入 Ø95 mm 反丝套管,主要隔离塑性地层,并做技术套管用。长度约 300~350 m,套管坐落在完整地层<sup>[7]</sup>。

四开采用 CHD-75 型绳索取心钻具完成剩余工作量。

钻孔结构见图1。

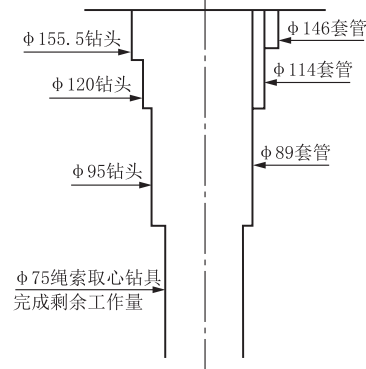


图1 钻孔结构示意图

Fig.1 Diagram of borehole structure

### 4 冲洗液选择与维护

根据地层岩性,选择不同类型的冲洗液。开孔第四系粘土、亚粘土、砂砾石层,30~150 m 为流砂层,钻孔坍塌严重。选择密度较大、固相含量较高的普通细分散泥浆。冲洗液配方:1 m<sup>3</sup> 水+3%~5% 粘土+0.3% 火碱+3~5 kg CMC+3~5 kg 聚丙烯酸钾。

150 m 以深多为炭质泥岩、砂岩,地层较完整,冲洗液主要以润滑、携粉为主,选择无固相聚合物乳化冲洗液。冲洗液配方:1 m<sup>3</sup> 水+3~5 kg PHP 干粉+10 kg 皂化油液体+3~5 kg CMC+3~5 kg 聚丙烯酸钾。

不同开次冲洗液的维护要点及性能控制要求见表3。

表3 冲洗液维护要点及性能控制要求

Table 3 Maintenance points and performance control requirements of drilling fluids

开次	冲洗液类型	性能要点	维护要点	性能						
				密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	漏斗粘度/s	滤失量/[mL·(30 min) <sup>-1</sup> ]	塑性粘度/(mPa·s)	动切力/Pa	动塑比	pH 值
一开	普通细分散泥浆	高粘切	漏失量较大,高粘度	1.06~1.15	30~50	13	10~16	4~6	0.3~0.5	9~10
二开	普通细分散泥浆	高粘切	漏失量较大,高粘度	1.03~1.10	20~30	10~12	5~8	2~5	0.3~0.5	8~10
三、四开	无固相聚合物乳化冲洗液	高润滑性、高剪切稀释性、低粘切	保持聚合物及皂化溶解油的含量	1.00~1.05	17~30		2~5			7

根据钻孔实际情况,可选择是否使用胶液形式补充维护冲洗液性能。冲洗液循环的布置方案为:

- 长 2 m×宽 1.5 m×深 1.7 m 沉淀池 1 个;
- 长 2 m×宽 2 m×深 1.7 m 吸水池 1 个;
- 长 2 m×宽 2.5 m×深 1.7 m 废浆池 1 个;

- 长 25 m×宽 0.4 m×深 0.3 m 循环槽 1 套;
- 长 2 m×宽 1.5 m×高 1.1 m 胶液箱 1 个;
- 长 1 m×宽 1 m×高 1.1 m 配浆箱(带搅拌设备)1 个。

为保持孔内清洁,维护冲洗液性能,必须对冲洗

液进行固相控制。本工程采用以下方法进行固相控制:

(1) 设置足够横断面积和长度的冲洗液循环沟槽和沉淀池;

(2) 选用高效包被剂除砂。

作业现场还配备了以下冲洗液试验仪器: 密度计; 漏斗粘度计; 中压失水仪; 含砂量测定仪; pH 试纸。

## 5 现场操作技术要点及钻进技术参数

(1) 钻进总体要求采用低钻压、慢转速, 确保钻孔质量, 预防孔内事故发生。

(2) 钻进中, 要准确记录钻压、转速、泵量、钻速等相关数据, 优选钻进参数。

(3) 保证内管投放到位, 可通过听取孔内回声来判断内管是否到位, 无法听到回声的情况下, 可按每 100 延米 2 min 计算。也可用绞车将打捞器送下去判断, 在前一次打捞岩心时标记位置。杜绝绳索取心打空管导致提钻情况。

(4) 检查卡簧、卡簧座的磨损情况, 预防脱落岩心导致的提钻、岩心质量事故发生。

(5) 注意观察泵压的变化情况, 当泵压突然大幅度上升或下降时, 第一时间查找原因, 需要提钻时, 禁止下捞矛捞取内管, 防止捞矛卡在孔内或钢丝绳掉入孔内, 引发孔内事故<sup>[15]</sup>。

(6) 严格检查钻杆丝扣、管体等的磨损情况, 杜绝损坏、变形、磨损超差等有问题的钻杆下入孔内。提下钻时要认真检查每一个立根的连接情况, 发现问题及时整改。

(7) 每一次提钻后都要认真检查、测量钻头、扩孔器尺寸和磨损情况, 做到钻头排队使用。

(8) 提下钻时要匀速慢提, 坚持回灌冲洗液保持孔内压力平衡, 严禁猛提快下产生压力激动造成孔内掉块、孔壁失稳。

(9) 开孔套管下完后, 要进行水泥浆回灌(固井)处理, 二层套管要做隔水, 三层套管螺纹采用反丝, 并在各连接处采用专用胶密封防止倒扣脱节。

钻进技术参数见表 4。

表 4 钻进技术参数  
Table 4 Drilling parameters

井段/m	钻头类型	钻孔口径/mm	立轴转速/(r·min <sup>-1</sup> )	钻压/kN	泵量/(L·min <sup>-1</sup> )	泵压/MPa
150~350	孕镶金刚石钻头	98.5	95~487	10~20	120~160	4.0~9.0
350~终孔	孕镶金刚石钻头	78.5	95~350	12~20	80~120	6.0~11.0

表 5 通地-1 井钻孔顶角实测统计

Table 5 Measured inclination data of Well Tongdi-1

孔深/m	顶角/(°)	孔深/m	顶角/(°)	孔深/m	顶角/(°)
50	0.00	600	1.33	1150	2.67
100	0.00	650	1.33	1200	3.00
150	0.00	700	1.67	1250	3.33
200	0.00	750	1.83	1300	3.83
250	0.33	800	2.00	1350	4.00
300	0.33	850	2.00	1400	4.17
350	0.67	900	2.00	1450	4.83
400	0.67	950	2.00	1500	5.00
450	0.67	1000	2.17	1502	5.00
500	0.83	1050	2.17		
550	1.00	1100	2.17		

## 6 钻孔防斜纠斜措施

### 6.1 控制钻孔倾斜率的基本措施

(1) 设备安装必须周正、稳固, 塔基基础牢固, 保持均匀沉降, 保证钻塔持重状态下不会发生倾斜。

(2) 800 m 以内用  $\varnothing 95$  mm 绳索取心钻具钻进, 保证钻杆的刚度, 采用优质 XJY-89 mm 合金管材。800 m 以深采用 CHD-76 mm 加强型绳索取心钻杆, 完成钻孔施工任务。

(3) 设计合理的钻孔结构, 大口径钻具尽量钻进, 可根据钻机的钻进能力确定钻进深度。

(4) 无论采取何种钻具必须加装保直稳定器, 保证钻杆在孔内有良好的回转同心度。减压钻进时, 孔底承受加压部分的钻杆全部加装保直稳定器, 一般控制在 6 处左右<sup>[16]</sup>。

(5) 使用先进的数字测斜仪器, 按 50 m 一个测点准确掌握钻孔轨迹(见表 5)。做好钻孔轨迹图, 随时跟踪钻孔轨迹变化。

(6) 现场配置校验台, 随时校对测斜仪器的精度和准确性, 确保钻孔轨迹真实, 与地球物理测井基本一致。

(7) 合理控制钻进参数, 在顶角下垂控制范围下限时采用较大压力, 孔底压力控制在 20~25 kN, 在顶角上漂控制范围上限时采用较小压力, 孔底压力

控制在10~15 kN。

## 6.2 钻孔纠斜措施

钻孔在施工过程中顶角发生下垂、上漂超差时,采取如下措施:

(1)利用连续造斜器进行纠斜钻进,改变原来的方位角、顶角,使钻孔按设计轨迹延伸,最终满足地质要求。

(2)利用螺杆连续造斜器进行可控造斜钻进,满足地质技术要求。

## 7 钻探技术经济成果

按设计顺利完成了钻探施工,终孔深度1502 m,台月效率409.64 m;经现场验收钻孔各项质量指标均满足地质设计要求,达到了地质的目的。

以实现地质目的为前提,与常规石油勘探井施工主要成本进行对比分析(见表6),此施工工艺具有占地面积小,油料、冲洗液材料消耗少的优点,不但降低了石油勘探井资金投入的风险,也大幅度降低了施工成本。

表6 裸眼施工直接成本对比  
Table 6 Direct cost comparison of open hole drilling

	名称	规格	数量	单位	单价/ 万元	金额/ 万元
石油 勘探 井	钻头	Ø215.9 mm	4	个	4.5	18
	泥浆	低固相普通	80	m <sup>3</sup>	0.3	24
	油料	柴油	60	t	0.55	33
	套管	Ø244.5 mm	9	t	0.7	6.3
	人工费		25人×3月	人月	2	150
	小计					296
小口 径钻 孔	钻头	Ø75 mm	20	个	0.08	1.6
	泥浆	低固相	30	m <sup>3</sup>	0.3	9
	油料	柴油	20	t	0.55	11
	套管	Ø114 mm	1.67	t	0.5	0.84
	人工费		12人×3月	人月	2	72
	小计					94.4

注:(1)工期计划为90 d;(2)估算钻探(井)主要成本非全成本,材料费以市场价格为依据;(3)人工费中含有附加费用;(4)不包括成孔(井)管材、固井、测井等费用;(5)参考本矿区石油勘探井成本概算。

## 8 结语

(1)通地-1井的钻探施工取得了较好的地质效果,成本未超预算范围。实践证明,小口径钻探技术可以满足油气田勘探的地质技术要求,可以达到预期的目的。具有一定的科学性和经济性,钻探成本可显著降低,有利于绿色勘查的实施。

(2)通地-1井小口径钻探施工获取的各项地质

资料、测井数据,为后期布设石油井(附近50 m)提供了准确的地质依据。

(3)应用小口径钻探施工油气田地质调查孔,还需进一步完善防喷、固控、固井、气录井等设备配套。

(4)还需进一步对小口径绳索取心钻探在沉积岩地层中钻进给压方法、钻遇水敏性和塑性地层冲洗液维护、建立冲洗液封闭式循环可利用系统等相关技术进行探索。

## 参考文献(References):

- [1] 孙建华,周红军,王汉宝,等.深孔岩心钻探装备配置应用技术趋势分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5),1-7.  
SUN Jianhua, ZHOU Hongjun, WANG Hanbao, et al. Analysis on configuration and application of technology trends of deep hole coring drilling equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(5),1-7.
- [2] 李亮.试论新形势下探矿工程的钻探技术应用[J].世界有色金属,2019(6):279-280.  
LI Liang. Application of drilling technology in prospecting engineering under new situation[J]. World Nonferrous Metals, 2019(6):279-280.
- [3] 张永勤.提高金刚石绳索取心钻探效率的技术创新[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):78-79,82.  
ZHANG Yongqin. Technical innovation on improving drilling efficiency of wire-line coring[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(S1):78-79,82.
- [4] 孙建华.大深度复杂地层绳索取心钻探技术[J].地质装备,2008(4):19-21.  
SUN Jianhua. The wireline core drilling technology at difficult ground condition and deep depth[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2008(4):19-21.
- [5] 麻坦,郜晓勇.牛D1井复杂构造带绳索取心钻探工艺技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):19-22.  
MA Tan, GAO Xiaoyong. Research on wire-line core drilling technology for Niu D1 Well in complex structural belt[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(4):19-22.
- [6] 米合江,张飞.新疆页岩气调查井准页2井钻井施工技术及问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):25-30.  
MI Hejiang, ZHANG Fei. Drilling technology in Zhunye 2 shale gas investigation well and the discussion[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(11):25-30.
- [7] 李宽,吴纪修,王志刚,等.黔绥地1井钻井设计与施工[J].勘察科学技术,2019(1),58-61.  
LI Kuan, WU Jixiu, WANG Zhigang, et al. Design and construction of 1 Drilling Well in Qiansuidi[J]. Site Investigation Science and Technology, 2019(1),58-61.
- [8] 王宗友,陈刚,乔生贵.页岩气调查黔地4井钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(2):1-6.  
WANG Zongyou, CHEN Gang, QIAO Shenggui. A brief discussion on the drilling technology of shale gas survey in Qiandi Well 4[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(2):1-6.

(下转第52页)

- (5):88-93.
- [9] 吴德山,董振国,崔春兰.大斜度定向井钻井设计优化及应用实践[J].煤炭科学技术,2018,46(4):58-64.  
WU Deshan, DONG Zhenguo, CUI Chunlan. Optimum drilling design of high deviated directional wells and its application [J]. Coal Science and Technology, 2018,46(4):58-64.
- [10] 曹华庆,高长斌.非常规龙马溪组和牛蹄塘组页岩取心技术[J].油气藏评价与开发,2018,8(2):80-84.  
CAO Huaqing, GAO Changbin. Shale coring technology in Longmaxi Formation and Niutitang Formation of unconventional shale gas field[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2018,8(2):80-84.
- [11] 滕学清,陈勉,杨沛,等.库车前陆盆地超深井全井筒提速技术[J].中国石油勘探,2016,21(1):76-88.  
TENG Xueqing, CHEN Mian, YANG Pei, et al. Whole well ROP enhancement technology for super-deep wells in Kuqa foreland basin [J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21 (1):76-88.
- [12] 崔春兰,董振国,吴德山.新街台格庙矿区煤层气参数井钻井关键技术[J].煤田地质与勘探,2019,47(S1):128-134.  
CUI Chunlan, DONG Zhenguo, WU Deshan. Key technology for drilling CBM parameter wells in Xinjietaigemiao coal mining area[J]. Coal Geology & Exploration, 2019,47(S1):128-134.
- [13] 谢国毅,刘虎,毛志新.贵州岩溶地区煤层气钻井关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(5):46-49.  
XIE Guoyi, LIU Hu, MAO Zhixin. Key coalbed methane drilling technology in Guizhou Karst Area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45 (5):46-49.
- [14] 聂臻,张振友,罗慧洪,等.高压膏盐层定向井钻井关键技术[J].天然气工业,2018,38(5):103-110.  
NIE Zhen, ZHANG Zhenyou, LUO Huihong, et al. Key technologies for directional well drilling in high-pressure anhydrite salt layers [J]. Natural Gas Industry, 2018,38 (5): 103-110
- [15] 赵常青,胡小强,张永强,等.页岩气长水平井段防气窜固井技术[J].天然气工业,2017,37(10):59-65.  
ZHAO Changqing, HU Xiaoqiang, ZHANG Yongqiang, et al. Anti-channeling cementing technology for long horizontal sections of shale gas wells [J]. Natural Gas Industry, 2017,37 (10):59-65.
- [16] 阮臣良,李富平,李风雷,等.尾管悬挂器超高压封隔及回接技术应用研究[J].长江大学学报(自科版),2016,13(19):42-45,4  
RUAN Chenliang, LI Fuping, LI Fenglei, et al. Application of ultra-high pressure ZXP packer and tie-back technology [J]. Journal of Yangtze University (Nature Science Edition), 2016,13(19):42-45,4.
- [17] 李奋强.湘西北区域页岩气固井工艺技术参数研究[J].中国煤炭地质,2016,28(8):72-75,82.  
LI Fenqiang. Study on shale gas well consolidation technological parameters in Northwestern Hunan Area [J]. Coal Geology of China, 2016,28(8):72-75,82.
- [18] 陈立,刘彬,李伟成,等.川7-5型(不投球)取心工具[J].石油科技论坛,2011,30(2):66-67,72.  
CHEN Li, LIU Bin, LI Weicheng, et al. Chuan 7-5 (Non-drop Ball) coring tool [J]. Oil Forum, 2011,30(2):66-67,72.

(编辑 韩丽丽)

**(上接第44页)**

- [9] 卢尚春.北京大安山煤矿井下深孔钻探实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(6):31-35.  
LU Shangchun. Underground deep hole drilling in Beijing Daanshan Coal Mine [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(6):31-35.
- [10] 马智跃,李生海,段志强,等.相山地区如意亭深钻 CUSD4 孔钻探技术研究[J].地质与勘探,2019,55(2):614-621.  
MA Zhiyue, LI Shenghai, DUAN Zhiqiang, et al. Drilling technology of the Ruyiting deep drilling hole CUSD4 in the Xiangshan area, Jiangxi Province [J]. Geology and Exploration, 2019,55(2):614-621.
- [11] 刘立鹏.黑龙江省嫩北农场金铜矿普查钻探施工技术应用[J].吉林地质,2018,37(3):67-71.  
LIU Lipeng. Application of gold and copper survey drilling technology in Nenbei Farm, Heilongjiang Province [J]. Jilin Geology, 2018,37(3):67-71.
- [12] 秦毅.桂北地区罗地1井钻探施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):56-59,88.  
QIN Yi. Practice of Well Luodi-1 drilling construction in north of Guangxi [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):56-59,88.
- [13] 雷健祥.探析采矿绳索取芯技术在深孔钻探施工中的应用[J].世界有色金属,2018(18):56-57.  
LEI Jianxiang. Application of mining cordage coring technology in deep hole drilling construction [J]. World Nonferrous Metals, 2018(18):56-57.
- [14] 王沛.浅谈提高钻井速度的关键技术[J].化工设计通讯,2017,43(10):236.  
WANG Pei. Talking about the key technology of improving drilling speed [J]. Chemical Engineering Design Communications, 2017,43(10):236.
- [15] 李奇龙.螺杆钻具在地热井钻探中的应用初探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(3):56-58.  
LI Qilong. Application of screw drill in geothermal well drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(3):56-58.
- [16] 赵宝军,马秀春.东北某盆地天然气水合物钻探施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):22-25.  
ZHAO Baojun, MA Xiuchun. Practice of drilling construction for gas hydrate in a basin in northeast [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(8): 22-25.

(编辑 周红军)